



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 196 22 154 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 03 H 9/145

②1 Aktenzeichen: 196 22 154.4
②2 Anmeldetag: 1. 6. 96
④3 Offenlegungstag: 15. 5. 97

DE 196 22 154 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1
30.10.95 DE 195403754

⑦1 Anmelder:
Möller, Frank, Dr.-Ing., 98693 Ilmenau, DE; Vandahl,
Thomas, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE; Buff, Werner,
Prof. Dr., 98693 Ilmenau, DE; Plath, Frank, Dipl.-Ing.,
83229 Aschau, DE

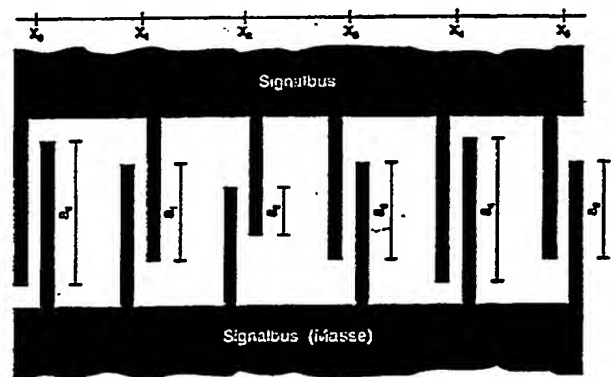
⑦4 Vertreter:
Pöhner, Liedtke & Partner, Dr., 99094 Erfurt

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 43 36 895 C1
DE 42 00 076 A1

⑤4 Elektroakustisches Bauelement und Verfahren zur Fernidentifikation

⑤7 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektroaku-
stisches Bauelement mit Identifikations- und/oder Sensor-
funktionen und ein Verfahren zur Fernidentifikation mit
diesem Bauelement anzugeben, bei dem nur ein Interdigital-
wandler und nur zwei Leitungen benötigt werden.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der
Interdigitalwandler mindestens zwei in Reihe angeordnete
Anzapfungen aufweist, die über einen Signalbus elektrisch
verbunden sind und das jede Anzapfung mit einer Apertur
gewichtet ist, wobei die Aperturen und die Abstände der
Anzapfungen so bemessen sind, daß sich ein Identifizie-
rungscode ergibt.
Die Erfindung betrifft ein elektroakustisches Bauelement mit
Identifikations- und/oder Sensorfunktionen, das einen elek-
troakustischen Interdigitalwandler und ein Piezoelektrikum
enthält und ein Verfahren zur Fernidentifikation mit dem
elektroakustischen Bauelement.



DE 196 22 154 A 1

Die folgenden Angaben sind d n vom Anmelder eing reichten Unterlag n entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 020/634

7/22

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein elektroakustisches Bauelement mit Identifikations- und/ oder Sensorfunktionen, das einen elektroakustischen Interdigitalwandler und ein Piezoelektrikum enthält und ein Verfahren zur Fernidentifikation mit dem elektroakustischen Bauelement.

Sie bezieht sich auf passive Bauelemente, welche nach dem Prinzip der akustischen Oberflächenwellen arbeiten. Sie vereinen Identifikations- und Sensorfunktionen und sind drahtgebunden oder über eine Funkstrecke abfragbar.

Telemetrie-Sensorsysteme werden in weiten Gebieten der Technik eingesetzt. Sie ermöglichen die Erfassung von Meßdaten an schwer zugänglichen oder von aggressiven Medien umgebenen Orten. Konventionelle Systeme auf der Basis elektromagnetischer Transponder oder aktiver elektronischer Baugruppen erlauben entweder nur geringe Abfrage-Entfernungen oder benötigen eine Energieversorgung an der Meßstelle. Für die Gewährleistung einer hohen Lebensdauer und eines wartungsfreien Betriebes sind diese Eigenschaften von Nachteil. Darüber hinaus bereitet die Entsorgung der galvanischen Elemente, die üblicherweise zur Stromversorgung benutzt werden, Probleme.

Fernabfragbare Systeme werden ferner zur Identifikation von Gegenständen oder Personen benötigt. Für beide Anwendungsbereiche ist es bekannt, Bauelemente, die auf der Basis der akustischen Oberflächenwellen arbeiten, einzusetzen. Sie erlauben den Betrieb als passive Sensoren oder als sogenannte "ID-Tags" ohne eigene Energiequelle.

Oberflächenwellen-Anordnungen funktionieren auf der Grundlage piezoelektrischer Eigenschaften von Substraten oder Schichten. Auf diesen Substraten oder Schichten werden mit Hilfe elektrischer Anregung durch elektroakustische Interdigitalwandler mechanische Wellen erzeugt, die sich entlang der Oberfläche ausbreiten.

Bei den im Stand der Technik bekannten Anordnungen werden diese Wellen an einer anderen Stelle mit einem weiteren Interdigitalwandler wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die geeignete Wahl der Wandlerstrukturen oder der Einsatz zusätzlicher Strukturen ermöglicht eine Einflußnahme auf das elektrische Ausgangssignal (Signalverarbeitung). Physikalische Größen, die auf die akustische Oberflächenwelle einwirken, verändern deren Ausbreitungsgeschwindigkeit. Dies begründet die Einsatzmöglichkeit von AOW-Bauelementen als Sensoren. Häufig gebrauchte Strukturen sind Oberflächenwellen-Resonatoren, -Verzögerungsleitungen ohne oder mit gewichteten Wandlern bzw. Reflexionsanordnungen.

Die bekannten Anordnungen zur Identifikation, die mit Reflexionsbänken ausgestattet sind, werden mit Impulsen angesteuert und liefern ihrerseits eine Folge von Impulsen zurück, die aufgrund unterschiedlicher zeitlicher Abstände eine Identifikations-Information analog eines Barcodes beinhaltet. Nachteilig ist dabei, daß dieses Informationssignal für Störungen im Übertragungskanal anfällig ist. Ungewollte Reflexionen in der HF-Übertragungsstrecke bzw. Überlagerungen der Signale verschiedener Bauelemente können zu Fehlinterpretationen führen. Weiterhin ist eine große Bandbreite für solche Signale erforderlich, die Probleme besonders hinsichtlich der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften bereitet.

Weitere bekannte Anordnungen arbeiten mit angezapften Verzögerungsleitungen. Sie sind in der Lage, phasencodierte Signale (PSK: Phase Shift Keying) zu generieren. Diese Signale sind vorteilhaft für die nachfolgende Signalverarbeitung. Die zu diesem Zweck verwendeten Bauelementestrukturen bestehen aus einem Eingangs- und einem Ausgangswandler, die elektrisch voneinander getrennt sind. Zu ihrer Ansteuerung werden drei oder (bei getrennter Masse) vier Anschlüsse benötigt. Der Einsatz in einem funkferngesteuerten Telemetriesystem erfordert deshalb eine aufwendige Entkopplung von Eingang und Ausgang, wenn für beide Signalwege nur eine Antenne verwendet werden soll.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektroakustisches Bauelement mit Identifikations- und/ oder Sensorfunktionen und ein Verfahren zur Fernidentifikation mit diesem Bauelement anzugeben, bei dem nur ein Interdigitalwandler und nur zwei Leitungen benötigt werden.

Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß der Interdigitalwandler mindestens zwei in Reihe angeordnete Anzapfungen aufweist, die über einen Signalbus elektrisch verbunden sind und das jede Anzapfung mit einer Apertur gewichtet ist, wobei die Aperturen und die Abstände der Anzapfungen so bemessen sind, daß sich ein Identifizierungscode ergibt.

Eine Variante der Ausgestaltung entsteht dadurch, daß mindestens zwei Bauelemente in Form einer Parallelschaltung miteinander verbunden sind.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Fernidentifikation mit diesem elektroakustischen Bauelement werden folgende Verfahrensschritte ausgeführt:

- Erzeugen einer akustischen Oberflächenwelle durch Anlegen einer bestimmten Anzahl hochfrequenter, sinusförmiger Schwingungen,
- Erzeugen eines phasencodierten Signals im Bauelement durch Überlagerung der Wechselwirkungen der an den gewichteten Anzapfungen der Interdigitalstruktur entstehenden Teilsignale und,
- Auswerten des Signals.

Bei einer Weiterbildung des Verfahrens zur Realisierung von Sensorfunktionen wird zusätzlich das erzeugte Signal durch eine zu ermittelnde physikalische Größe beeinflusst und danach erfolgt eine Auswertung des Signals der Ermittlung des zu bestimmenden Zustandes dieser physikalischen Größe.

Die erfindungsgemäße Anordnung und das erfindungsgemäße Verfahren zeichnen sich durch eine Reihe von Vorteilen aus.

1. Die Kodierung erfolgt mit Hilfe phasencodierter Signale, die so gestaltet werden können, daß sie

weitgehend unempfindlich gegen Störungen sind und ein gleichzeitiges Arbeiten mehrerer Anordnungen ermöglichen, ohne daß sich die verschiedenen Signale gegenseitig beeinflussen ("orthogonale" Codes).

2. Die Bandbreite des Anregungsbursts ist indirekt proportional zu seiner zeitlichen Ausdehnung. Die Vorgabe einer bestimmten Bandbreite kann so durch die Wahl der entsprechenden Burstlänge eingehalten werden. Das Antwortsignal der erfindungsgemäßen Anordnung hat eine so geringe Amplitude, daß seine größere Bandbreite bezüglich der gesetzlichen Vorschriften nicht ins Gewicht fällt.

3. Die erfindungsgemäße Anordnung stellt ein Bauelement mit nur zwei Anschlüssen dar und ist deshalb für den Einsatz mit Zweidrahtleitungen oder die drahtlose Ansteuerung über Antennen besonders geeignet.

Die Abfrage der erfindungsgemäßen Anordnung erfolgt in zwei Schritten:

1. Eine Anzahl hochfrequenter Schwingungen (Sinus-Burst) wird ausgesendet und erzeugt im SAW-Bauelement ein oder mehrere akustische Oberflächenwellenpakete. Die Anregung muß so lange auf das Bauelement einwirken, daß sich ein quasistationärer Zustand ausbilden kann. Bezeichnet man die Anzahl der Taps mit n und die Anzahl der Wellenperioden je Chip mit m , dann ergibt sich die Mindestanzahl der zur Anregung notwendigen Perioden zu $(n-1) \cdot m$. Danach wird die Anregung abrupt abgeschaltet.

2. Die im Bauelement erzeugten Oberflächenwellenpakete erzeugen an den Taps, die sie passieren, wieder elektrische Signale, die sich überlagern. Bezeichnet man die Nummer des Taps, das ein bestimmtes Wellenpaket erzeugt hat, mit i und die Nummer des Taps, das dieses Wellenpaket empfängt, mit j , ergibt sich die Wechselwirkung zwischen den beiden Taps $S(a_i, a_j)$ unter Vernachlässigung von Reflexions-, Diffraktions- und Dämpfungseinflüssen und weiteren Effekten gemäß der Beziehung:

$$S(a_i, a_j) = \text{sgn}(a_i) \cdot \text{sgn}(a_j) \cdot \min(|a_i|, |a_j|)$$

Die durch diese Wechselwirkungen erzeugten Teilsignale addieren sich auf der Signalbusleitung (der Verbindungsleitung der Anzapfungen des Interdigitalwandlers). Auf Grund der identischen Abstände zwischen den Taps ergeben sich diskrete Zeitschritte, in denen das Verhalten laut Modell als konstant angenommen wird. Daher wird zur Vereinfachung das Verhalten nur in diesen diskreten Abständen betrachtet. Das Modell für das aufsummierte Signal an der Signalbusleitung im ersten Zeitschritt ergibt sich nach:

$$\begin{aligned} O(t_0) = & 2 \cdot (S(a_0, a_1) + S(a_0, a_2) + S(a_0, a_3) + S(a_0, a_4) + S(a_0, a_5) + \\ & S(a_1, a_2) + S(a_1, a_3) + S(a_1, a_4) + S(a_1, a_5) + \\ & S(a_2, a_3) + S(a_2, a_4) + S(a_2, a_5) + \\ & S(a_3, a_4) + S(a_3, a_5) + \\ & S(a_4, a_5)) \end{aligned}$$

Im nächsten Zeitschritt $O(2t_0)$ fallen alle Teilsignale heraus, die benachbarte Indizes haben, für welche der Abstand zwischen sendender und empfangender Anzapfung (Tap) also Δx beträgt. Daraus ergibt sich für den zweiten Zeitschritt die Berechnungsvorschrift nach:

$$\begin{aligned} O(2 \cdot t_0) = & 2 \cdot (S(a_0, a_2) + S(a_0, a_3) + S(a_0, a_4) + S(a_0, a_5) + \\ & S(a_1, a_3) + S(a_1, a_4) + S(a_1, a_5) + \\ & S(a_2, a_4) + S(a_2, a_5) + \\ & S(a_3, a_5)) \end{aligned}$$

Die paarweisen Wechselwirkungen finden im Zeitschritt mit der Nummer i also zwischen den Taps statt, die mindestens $i\Delta x$ voneinander entfernt sind. Die Berechnungsvorschrift für den Zeitschritt i kann damit aus der Berechnungsvorschrift für den Zeitschritt $i+1$ rekursiv abgeleitet werden.

$$O_{n-1} = 2 \cdot S(a_0, a_{n-1})$$

$$O_{n-2} = O_{n-1} + 2 \cdot \sum_{i=0}^1 S(a_i, a_{i+n-2})$$

$(j = 1, 2, \dots, n)$

⋮

$$O_{n-j} = O_{n-j+1} + 2 \cdot \sum_{i=0}^{j-1} S(a_i, a_{i+n-j})$$

Der verallgemeinerte Modellsatz für ein Bauelement mit n Taps wird durch die Formel

$$O(t_0) = O(2t_0) + 2 \cdot (S(a_0, a_1) + S(a_1, a_2) + S(a_2, a_3) + S(a_3, a_4) + S(a_4, a_5))$$

beschrieben. Da das Gleichungssystem unterbestimmt ist, wird die Lösung für ein Tap gemäß Formel

$$a_x = \pm \max(|a_i|)$$

festgelegt.

Mit Hilfe dieses Gleichungssystems läßt sich ein Layout für eine beliebige Signalfolge berechnen, indem man für den Vektor $O = (O_0, O_1, \dots, O_{n-1})$ die Signalwerte für die Zeitschritte 0 bis $n-1$ vorgibt und das Gleichungssystem nach a_i auflöst. Für den einfachen Fall eines binären PSK-Signals wird den Werten O_i der Wert +1 oder -1 zugeordnet, entsprechend der Phasenlage des gewünschten Signales von 0 bzw. π .

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 2 die Signalfolge bei der Abfrage nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 3 eine Ausführungsform als Temperatursensor und

Fig. 4 den Einsatz in einem drahtgebundenen Meßsystem.

Wie aus der in Fig. 1 dargestellten Prinzipianordnung ersichtlich ist, besteht die erfindungsgemäße Anordnung aus einem Interdigitalwandler mit einer variablen Anzahl von Anzapfungen, die in einer Reihe angeordnet und über einen Signalbus elektrisch verbunden sind. Die dort dargestellte grundlegende Anordnung der gewichteten Interdigitalwandler befindet sich auf einer Substratoberfläche. Die Wandler sind zweckmäßigerweise entweder gemäß der in Fig. 1a dargestellten Form entlang einer Symmetrielinie zentriert ausgerichtet oder gemäß der in Fig. 1b dargestellten Ausrichtungsvariante am Rand ausgerichtet. Die dargestellte Anordnung der Wandler im gleichen Abstand zueinander ist nicht zwingend notwendig, vereinfacht jedoch die Berechnung des Layouts. Die zum Zweck der Erzeugung eines Codes unterschiedlichen Aperturen $a_0 \dots a_5$ der Anzapfungen sind in der Darstellung sichtbar.

Die Aperturen der Wandler und deren Abstände zueinander, die sich aus einem bestimmten Berechnungsverfahren ergeben, bestimmen in Verbindung mit dem weiter unten ausgeführten Ansteuerungsverfahren einen Identifikationscode in Form eines phasencodierten Signals (PSK).

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs des erfindungsgemäßen Ansteuerungsverfahrens am Beispiel der in Fig. 1 gezeigten Strukturen. Hierbei bezeichnet t_0 die Zeit, in der die akustische Oberflächenwelle den Abstand zwischen zwei benachbarten Wandlern zurücklegt. Die Abszisse ist in Vielfache von t_0 geteilt.

Zur Abfrage eines Meßwertes nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt in der Anordnung eine bestimmte Anzahl von hochfrequenten, sinusförmigen Schwingungen (Burst) eine oder mehrere akustische Oberflächenwellen. Die Länge des Bursts sorgt für einen quasistatischen Zustand innerhalb dieser Anordnung. Nach dem Abschalten des Anregungsbursts ist die Anordnung in der Lage, die in der akustischen Oberflächenwelle gespeicherte Energie zurückzusenden. Dabei wird dieses Signal durch Überlagerung der an den Wandlern entstehenden elektrischen Teilsignale gebildet.

Das entstandene Signal ist phasencodiert und enthält neben dem Identifikationscode bei Bedarf eine Meßwertinformation.

Fig. 3 erläutert den Einsatz der erfindungsgemäßen Anordnung in einem drahtlosen Temperatur-Meßsystem. Die Einwirkung einer physikalischen Größe (hier z. B. der Temperatur) verursacht eine Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Oberflächenwelle und ist als Änderung der zeitlichen Abstände zwischen definierten Teilen des Identifikationscodes, z. B. der Abstände zwischen den Flanken) meßbar.

Fig. 4 zeigt den Einsatz der erfindungsgemäßen Anordnung in einem drahtgebundenen Meßsystem mit einem Zweidraht-Bus.

Patentansprüche

1. Elektroakustisches Bauelement mit Identifikations- und/ oder Sensorfunktionen, das einen elektroakustischen Interdigitalwandler und ein Piezoelektrikum enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der Interdigitalwandler mindestens zwei in Reihe angeordnete Anzapfungen aufweist, die über einen Signalbus elektrisch verbunden sind und daß jede Anzapfung mit einer Apertur gewichtet ist, wobei die Aperturen und die Abstände der Anzapfungen so bemessen sind, daß sich ein Identifizierungscode ergibt.

2. Elektroakustisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Bauelemente in Form einer Parallelschaltung miteinander verbunden sind.

3. Verfahren zur Fernidentifikation mit einem elektroakustischen Bauelement, in dem ein elektroakustischer Interdigitalwandler und ein Piezoelektrikum enthalten sind, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Verfahrensschritte ausgeführt werden:

- Erzeugen einer akustischen Oberflächenwelle durch Anlegen einer bestimmten Anzahl hochfrequenter, sinusförmiger Schwingungen,
- Erzeugen n in s phasencodierten Signals im Bauelement durch Überlagerung der Wechselwirkungen der an den gewichteten Anzapfungen der Interdigitalstruktur entstehenden n Teilsignale und,
- Auswerten des Signals.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich das erzeugte Signal durch eine zu ermittelnde physikalische Größe beeinflusst wird und eine Auswertung des Signals der Ermittlung dieser physikalischen Größe erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

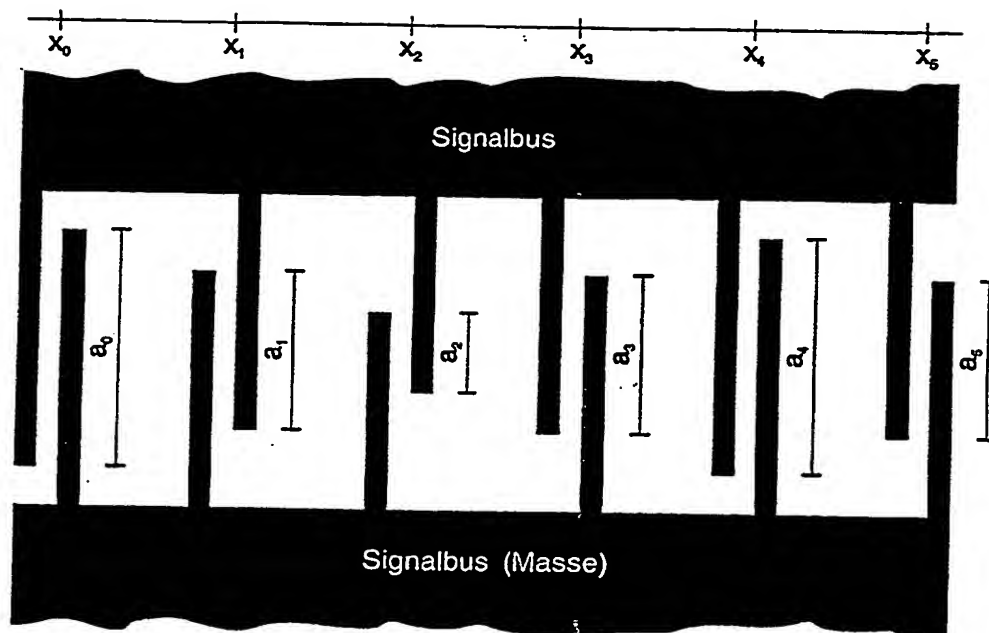
45

50

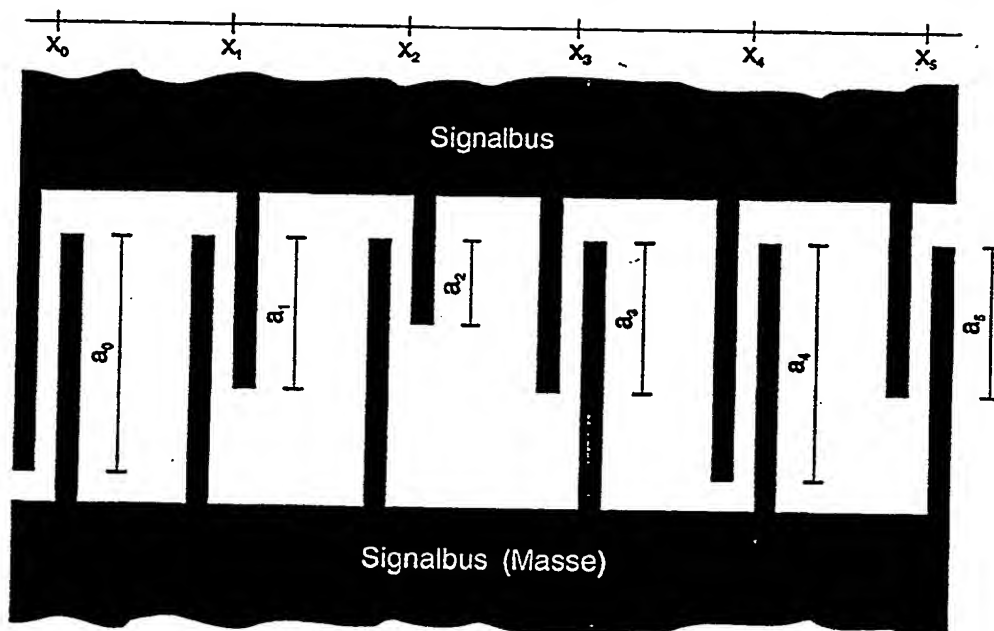
55

60

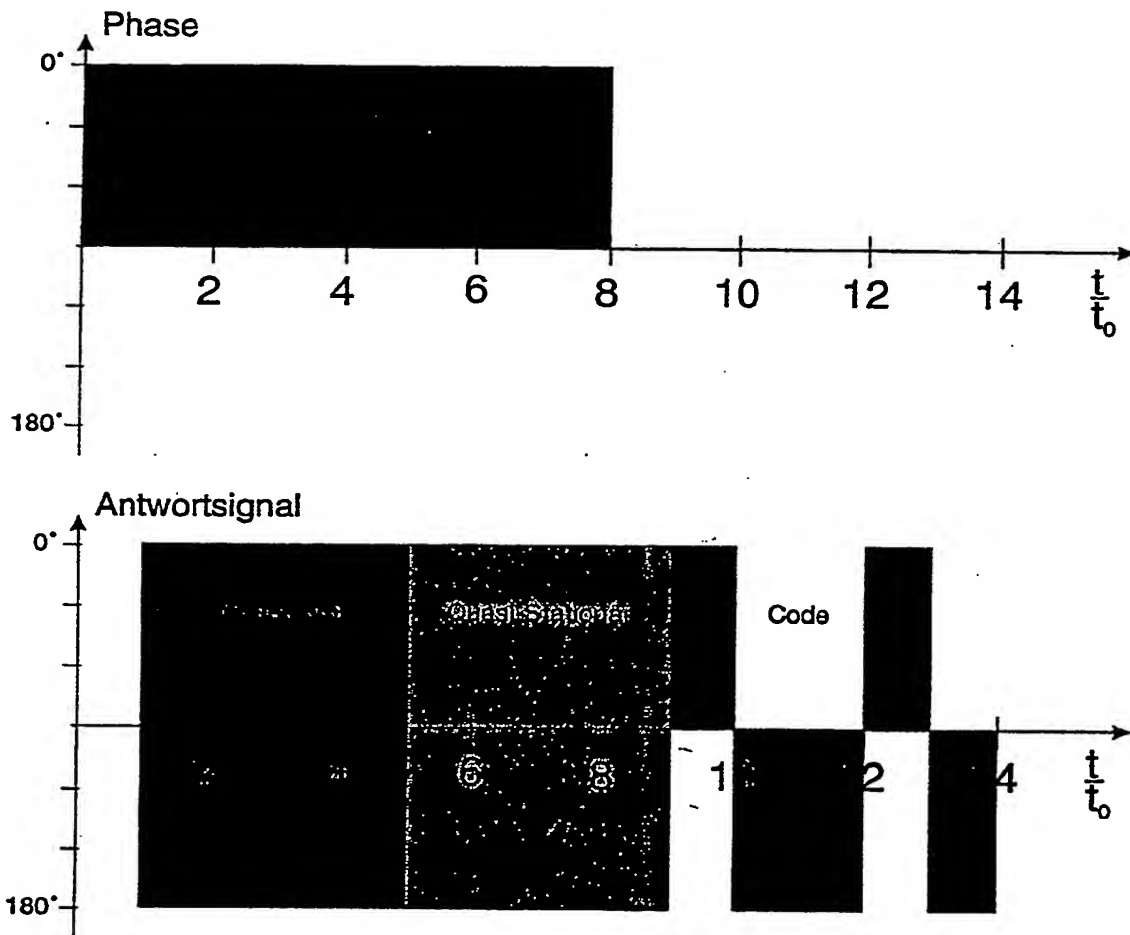
65



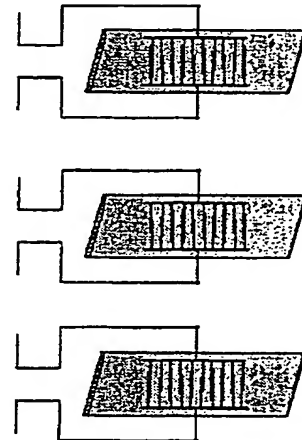
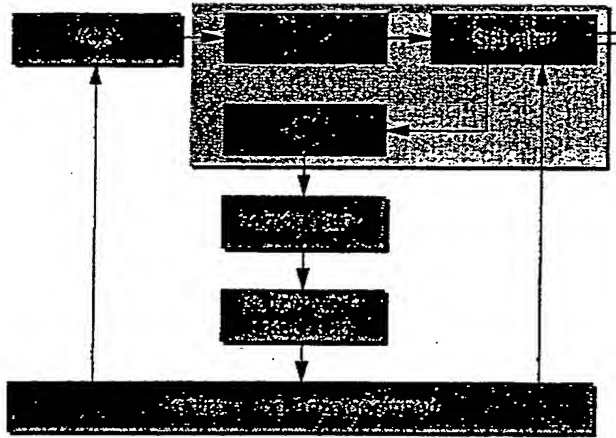
Figur 1a



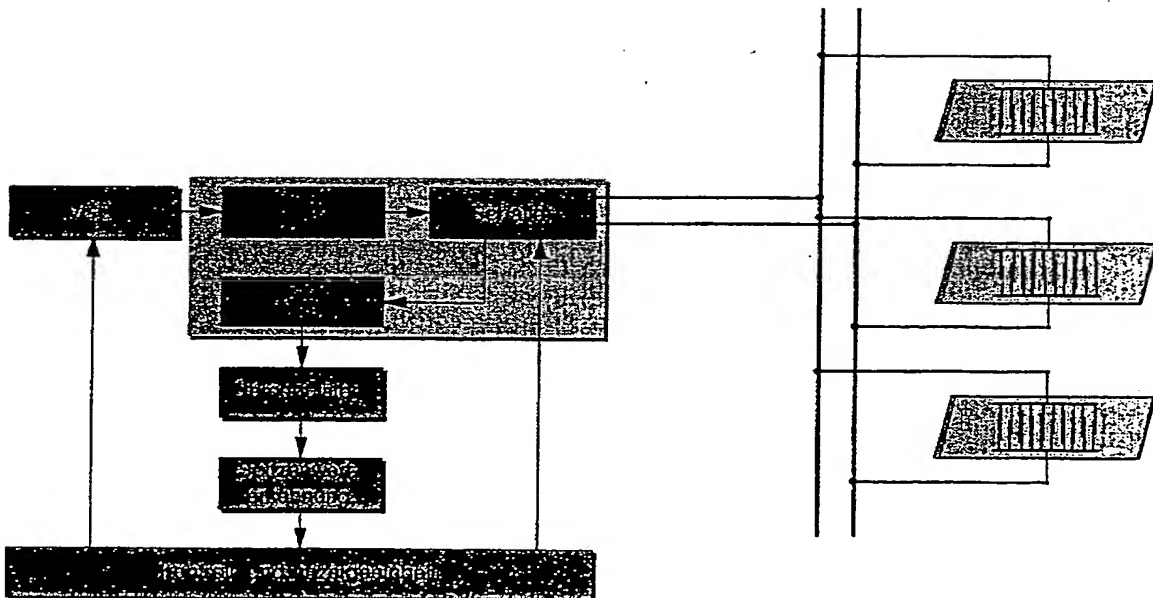
Figur 1b



Figur 2



Figur 3



Figur 4